

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION
EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la Propriété
Intellectuelle
Bureau international



(43) Date de la publication internationale
9 septembre 2005 (09.09.2005)

PCT

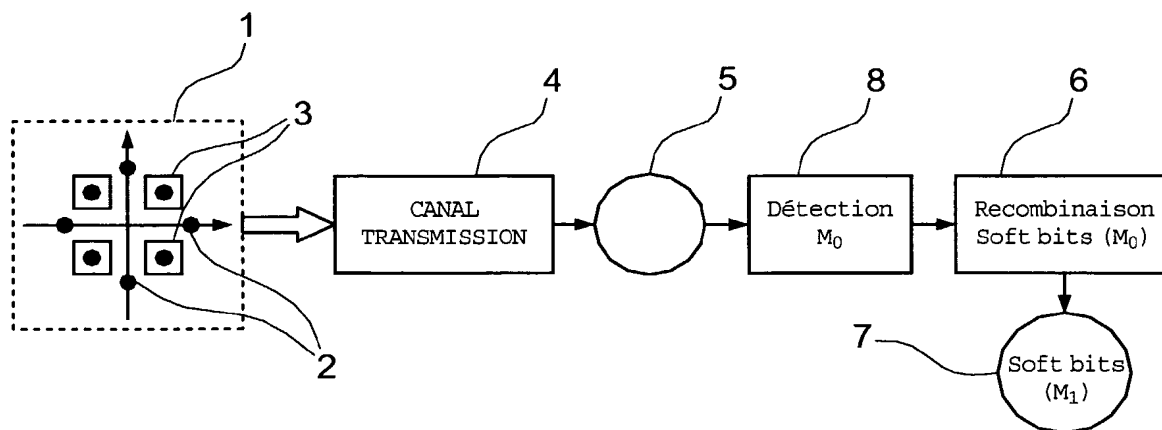
(10) Numéro de publication internationale
WO 2005/083964 A1

- (51) Classification internationale des brevets⁷ : **H04L 27/34, 25/06**
- (21) Numéro de la demande internationale : **PCT/FR2004/003378**
- (22) Date de dépôt international : **23 décembre 2004 (23.12.2004)**
- (25) Langue de dépôt : **français**
- (26) Langue de publication : **français**
- (30) Données relatives à la priorité :
0400926 30 janvier 2004 (30.01.2004) **FR**
- (71) Déposant (pour tous les États désignés sauf US) : **WAVE-COM** [FR/FR]; Immeuble Bord de Seine I, 3, esplanade du Foncet, F-92442 Issy-les-Moulineaux Cedex (FR).
- (72) Inventeurs; et
- (75) Inventeurs/Déposants (pour US seulement) : **ROUXEL, Alexandre** [FR/FR]; 14, rue Corentin Carré, F-35000 Rennes (FR). **POUESSEL, Damien** [FR/FR]; 10, rue Roger Salengro, F-92130 Issy-Les-Moulineaux (FR).
- (74) Mandataire : **VIDON, Patrice**; Cabinet Vidon, 16B, rue Jouanet, BP 90333, Technopole Atalante, F-35703 Rennes Cedex 7 (FR).
- (81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH,

[Suite sur la page suivante]

(54) Title: MULTI-MODULATION RECEPTION METHOD BASED ON DEMODULATION OF SIGNALS FROM MODULATIONS WHOSE SYMBOLS ARE INCLUDED IN A MAIN CONSTELLATION

(54) Titre : PROCEDE DE RECEPTION MULTI MODULATION S'APPLIQUANT À LA DEMODULATION DE SIGNAUX ISSUS DE MODULATIONS DONT LES SYMBOLES SONT INCLUS DANS UNE CONSTELLATION PRINCIPALE



(57) Abstract: The invention relates to a method for receiving a modulated signal (1) according to a main constellation (2), known as a main signal, and at least one signal which is modulated according to a second constellation (3), known as a second signal. The second constellation (3) is included in the main constellation (2). The method comprises a demodulation stage (5) for the main signal, which delivers reliability information, known as main reliability information, relating to the reception of an element for each of the elements of the main constellation (3). According to the invention, said method comprise a determination stage for at least one element of the second constellation, at least one item of reliability information (8), known as second reliability information, relating to the reception of an element, based on main reliability information, in order to modulate the second signal.

(57) Abrégé : L'invention concerne un procédé de réception d'un signal modulé (1) selon une constellation principale (2), appelé signal principal, et d'au moins un signal modulé selon une constellation secondaire (3), appelé signal secondaire. La constellation secondaire (3) est incluse dans la constellation principale (2). Le procédé comprend une étape de démodulation (5) du signal principal (4) délivrant, pour chacun des éléments de la constellation principale (3),

[Suite sur la page suivante]



WO 2005/083964 A1



PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SY, TJ, TM,
TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM,
ZW.

SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN,
GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

(84) États désignés (*sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible*) : ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasién (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), européen (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, MC, NL, PL, PT, RO,

Publiée :

— avec rapport de recherche internationale

En ce qui concerne les codes à deux lettres et autres abréviations, se référer aux "Notes explicatives relatives aux codes et abréviations" figurant au début de chaque numéro ordinaire de la Gazette du PCT.

une information de confiance relative à la réception de chaque élément, dite information de confiance principale. Selon l'invention, un tel procédé comprend une étape de détermination, pour au moins un élément de la constellation secondaire, d'au moins une information de confiance (8) relative à la réception d'un élément, dite information de confiance secondaire, à partir d'au moins une des informations de confiance principales, de façon à démoduler le signal secondaire.

**Procédé de réception multi modulation s'appliquant à la démodulation
de signaux issus de modulations dont les symboles sont inclus
dans une constellation principale**

1. Domaines de l'invention

5 Le domaine de l'invention est celui du traitement du signal appliqué à la réception de signaux, et notamment de signaux de radiocommunications.

Plus précisément, l'invention concerne un procédé permettant de recevoir des signaux issus de modulations dont les symboles sont inclus dans un ensemble de symboles d'une constellation principale.

10 **2. Solutions de l'art antérieur**

Depuis toujours, la technique classique de réception utilisée par les terminaux récepteurs devant démoduler plusieurs signaux issus de constellations de symboles différentes, consiste à mettre en œuvre, dans chaque récepteur, autant de détecteurs qu'il y a de modulations différentes à traiter.

15 **3. Inconvénients de l'art antérieur**

Un premier inconvénient de cette technique de l'art antérieur concerne l'accroissement de la complexité du terminal, en particulier du point de vue de la mise en œuvre pour l'intégration des différents détecteurs. Or, l'intégration d'une telle pluralité de détecteurs à l'intérieur du terminal récepteur se traduit
20 nécessairement par une augmentation de la taille de celui-ci, augmentation qui va à l'encontre des contraintes ergonomiques et/ou de miniaturisation des terminaux de radiocommunication, du type téléphones mobiles, par exemple.

Un autre inconvénient de cette technique de l'art antérieur concerne l'importance des coûts de conceptions induits par un tel accroissement de la complexité du terminal récepteur, mais aussi l'importance des coûts et/ou surcoûts
25 associés aux tests et à la validation supplémentaires induits, et surcoûts liés à la production. Or, la concurrence sur le marché des radiocommunications est telle aujourd'hui, que des économies mêmes faibles, réalisées sur la conception et/ou la fabrication des terminaux, suffit souvent à diminuer le prix de vente final et à
30 gagner des parts de marché.

4. Objectifs de l'invention

L'invention a notamment pour objectif de pallier ces inconvénients de l'art antérieur.

5 Plus précisément, un objectif de l'invention est de fournir un procédé de traitement du signal pouvant être appliqué dans tout récepteur, de façon à lui conférer la capacité de démoduler des signaux issus d'autres modulations incluses dans une modulation principale.

10 Un autre objectif de l'invention est de mettre en œuvre un tel procédé permettant de rendre le récepteur de signaux indépendant de la modulation à traiter, et donc d'éviter en conséquence la multiplication du nombre de détecteurs à l'intérieur du récepteur.

Un objectif supplémentaire de l'invention vise à fournir un tel procédé permettant la réutilisation du détecteur d'une constellation principale de symboles contenu dans un récepteur, pour démoduler les signaux des modulations incluses
15 dans la constellation principale, le récepteur étant alors un récepteur multi modulations.

5. Caractéristiques essentielles de l'invention

Ces objectifs, ainsi que d'autres qui apparaîtront par la suite, sont atteints à l'aide d'un procédé de réception d'un signal modulé selon une constellation
20 principale, appelé signal principal, et d'au moins un signal modulé selon une constellation secondaire, appelé signal secondaire. La constellation secondaire est incluse dans la constellation principale. Le procédé comprend une étape de démodulation du signal principal délivrant, pour chacun des éléments de la constellation principale, une information de confiance relative à la réception de
25 chaque élément, dite information de confiance principale.

Selon l'invention, un tel procédé comprend avantageusement une étape de détermination, pour au moins un élément de la constellation secondaire, d'au moins une information de confiance relative à la réception de celui-ci, dite information de confiance secondaire, à partir d'au moins une des informations de
30 confiance principales, de façon à démoduler le signal secondaire.

Ainsi, l'invention repose sur une approche tout à fait nouvelle et inventive de démodulation des signaux issus de modulations différentes, mais dont les symboles sont inclus dans un ensemble de symboles d'une constellation principale.

5 De façon préférentielle, l'élément est un des bits transmis par un symbole de la constellation principale et/ou secondaire.

De façon avantageuse, dans un second mode de réalisation du procédé selon l'invention, l'information de confiance principale est une décision ferme de réception du bit au sein du signal principal. Cette décision ferme est issue d'un
10 détecteur à sorties (encore appelées décisions) fermes ne délivrant pas directement des informations souples.

Préférentiellement, le procédé selon l'invention comprend, pour au moins certains des bits du signal principal, une étape préalable de détermination, à partir de la décision ferme associée, du logarithme du rapport de vraisemblance (LRV)
15 du bit, appelé « soft bit ».

De façon préférentielle, l'étape préalable de détermination met en œuvre un critère appartenant au groupe comprenant :

- le critère Log-Map ;
- le critère Max-Log-Map ;
- 20 - SOVA (pour « Soft-Output Viterbi Algorithm » en anglais ou « Algorithme de Viterbi à sortie souple » en français – basé sur le critère de maximum de vraisemblance pour la détection d'une séquence la plus probable) ;

Il peut également de façon non restrictive mettre en œuvre une approximation de
25 l'un de ces critères.

Avantageusement, l'information de confiance principale et/ou secondaire associée à un bit est un logarithme du rapport de vraisemblance (LRV) du bit, appelé « soft bit » principal et/ou secondaire.

De façon également avantageuse, l'étape de détermination de l'information
30 de confiance secondaire comprend les sous-étapes suivantes :

- on exprime les « soft bits » secondaires en fonction de probabilités a posteriori de symboles de la constellation secondaire, les symboles de la constellation secondaire appartenant également à la constellation principale, de façon à obtenir une première expression ;
- 5 - on exprime les probabilités a posteriori des bits de la constellation principale en fonction de probabilités a posteriori de symboles de la constellation principale, en faisant apparaître les « soft bits » de la constellation principale, délivrés lors de l'étape de démodulation du signal principal, de façon à obtenir une deuxième expression.

10 Le procédé selon l'invention comprend en outre de façon préférentielle une sous-étape de simplification mathématique de la première expression, mettant en œuvre une approximation linéaire saturée ou une approximation linéaire par morceaux.

Avantageusement, le procédé selon l'invention comprend également une sous-
15 étape de classement des symboles de la constellation principale, de manière à minimiser le nombre de « soft bits » (pour décision souple en français) de la constellation principale utilisés lors du calcul des « soft bits » de la constellation secondaire. Une telle sous étapes permet en effet d'optimiser le calcul de l'expression (4) décrite ci-après pour le premier mode de réalisation de
20 l'invention, en maximisant le nombre des α_i'' ayant une valeur à zéro.

Dans une variante du procédé selon l'invention, l'élément est avantageusement un symbole de la constellation principale et/ou secondaire.

Préférentiellement, l'information de confiance principale et/ou secondaire associée à un symbole est une probabilité a posteriori d'un symbole de ladite
25 constellation principale et/ou secondaire.

Durant l'étape de démodulation du signal principal, les informations de confiance principales sont préférentiellement calculées en mettant en œuvre l'un des algorithmes de détection appartenant au groupe comprenant :

- le Max-Log-Map ;
- 30 - le Log-Map ;

- SOVA (pour « Soft-Output Viterbi Algorithm » en anglais ou « Algorithme de Viterbi à sortie souple » en français – basé sur le critère de maximum de vraisemblance pour la détection d'une séquence la plus probable) ;
- 5 - DDFSE (pour « Delayed Decision Feedback Sequence Estimation » en anglais, ou « Estimation retardée d'une séquence à l'aide d'un retour de décisions » en français) ;
- RSSE (pour « reduced-state sequence estimation » en anglais ou « estimation de séquence à états réduits » en français);
- 10 - M-algorithme ;
- T-algorithme.

De façon avantageuse, l'algorithme de détection étant bidirectionnel, les informations de confiance secondaires associées aux symboles de la constellation secondaire sont les « soft bits » secondaires correspondant aux logarithmes du rapport de vraisemblance (LRV) des bits des symboles, et déterminés par les sous-étapes suivantes :

- sélection d'un sous-ensemble de probabilités a posteriori des symboles de la constellation secondaire parmi l'ensemble de probabilités a posteriori des symboles de la constellation principale disponibles ;
- 20 - détermination desdits « soft bits » secondaires en fonction du sous-ensemble de probabilités a posteriori de symboles de la constellation secondaire, les symboles de la constellation secondaire appartenant également à la constellation principale.

De plus, la sous-étape de détermination précédente met en œuvre un critère appartenant préférentiellement au groupe comprenant :

- le critère Log-Map ;
- le critère Max-Log-Map ;
- SOVA (pour « Soft-Output Viterbi Algorithm » en anglais ou « Algorithme de Viterbi à sortie souple » en français – basé sur le critère
- 30 de maximum de vraisemblance pour la détection d'une séquence la plus

probable).

Il est également possible d'utiliser dans cette sous-étape de détermination une approximation de l'un de ces critères.

L'algorithme de détection étant unidirectionnel, les informations de
5 confiance secondaires associées aux symboles de la constellation secondaire sont
avantageusement les « soft bits » secondaires correspondant aux logarithmes du
rapport de vraisemblance (LRV) des bits des symboles, et déterminés par les sous-
étapes suivantes :

- sélection d'un sous-ensemble de probabilités a posteriori des symboles de
10 la constellation secondaire parmi l'ensemble de probabilités a posteriori
des symboles de la constellation principale disponibles ;
- détermination des « soft bits » secondaires en fonction du sous-ensemble
de probabilités a posteriori de symboles de la constellation secondaire, les
symboles de la constellation secondaire appartenant également à la
15 constellation principale ;
- détermination du signe des « soft bits » secondaires en fonction de la
valeur des bits des symboles de la constellation principale.

Préférentiellement, les constellations principales et/ou secondaires
appartiennent au groupe comprenant :

- 20 - les modulations M-QAM, où $M=2^m$;
- les modulations N-PSK, où $N=2^n$ (notamment QPSK et BPSK) ;
- la modulation GMSK ou MSK linéarisée.

L'invention concerne également de façon avantageuse un terminal
récepteur d'un signal modulé selon une constellation principale, appelé signal
25 principal, et d'au moins un signal modulé selon une constellation secondaire,
appelé signal secondaire. La constellation secondaire est incluse dans la
constellation principale et le récepteur comprenant des moyens de démodulation
du signal principal délivrant, pour chacun des éléments de la constellation
principale, une information de confiance relative à la réception de l'élément, dite
30 information de confiance principale. Un tel récepteur comprend également de

façon avantageuse des moyens de détermination, pour au moins un élément de la constellation secondaire, d'au moins une information de confiance relative à la réception dudit élément, dite information de confiance secondaire, à partir d'au moins une des informations de confiance principales, de façon à démoduler le signal secondaire.

Un tel récepteur met avantageusement en œuvre un procédé de réception d'un signal selon l'invention, lequel est modulé selon une constellation principale, appelé signal principal, et d'au moins un signal modulé selon une constellation secondaire, appelé signal secondaire.

6. Liste des figures

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront plus clairement à la lecture de la description suivante d'un mode de réalisation préférentiel, donné à titre de simple exemple illustratif et non limitatif, et des dessins annexés, parmi lesquels :

- les figure 1.a et 1.b présentent un synoptique du procédé selon l'invention, soit par recombinaison des « soft bits » (fig. 1.a), soit par recombinaison des probabilité a posteriori (fig. 1.b);
- la figure 2 donne une illustration de la constellation associée à une modulation 8-PSK utilisée dans un système EDGE ;
- la figure 3 donne une illustration du codage binaire à signal de la 8PSK EDGE comme modulation principale et d'une sous-constellation QPSK ;

7. Description de trois modes de réalisation de l'invention

Le principe général de l'invention repose sur la démodulation de signaux issus de modulations dont les symboles sont inclus dans une constellation principale, en réutilisant un détecteur dont la fonction initiale antérieure visait uniquement à la démodulation des signaux issus de la modulation de tous les symboles de la constellation principale.

Trois modes de réalisation du procédé selon l'invention permettent d'effectuer un tel traitement et sont présentés dans la suite de ce document.

Un premier mode de réalisation du procédé selon l'invention consiste à recombinaison des informations de confiance (appelés « soft bits » en anglais, pour « informations souples » en français) pouvant prendre la forme de Logarithmes Rapport de Vraisemblance (LRV) calculés sur les bits des symboles issus de la
5 détection de la modulation principale pour en déduire les « soft bits » d'une sous constellation. Suivant les cas, une telle étape de recombinaison des « soft bits » pourra engendrer ou non, des pertes d'information, ou bien nécessiter une simplification préalable destinée à faciliter l'implémentation du calcul des « soft bits » de la sous constellation.

10 Ce premier mode de réalisation du procédé selon l'invention, basé sur la recombinaison des « soft bits » (informations souples) est exemplifié au travers la mise en œuvre d'un récepteur du type GSM/GPRS/EDGE qui réutilise un détecteur du type 8-PSK (pour « 8-Phase Shift Keying » en anglais, ou « verrouillage en phase 8 » en français) pour démoduler des signaux du type
15 GMSK (pour « Gaussian Minimum Shift Keying » en anglais, ou « verrouillage de décalage minimum gaussien » en français) sans approximation et dont la complexité devient alors très faible.

On rappelle ici la signification des acronymes mentionnés ci-dessus, lesquels apparaîtront de nouveau dans la suite de la description.

20 Le système EDGE, pour « Enhanced Data rate through GSM Evolution » en anglais ou « Taux de données amélioré de l'évolution GSM » en français, basé sur la modulation 8-PSK, est le système remplaçant le système GSM (pour « Global System for Mobile Communications » en anglais, ou « système global pour les communications mobiles » en français), basé sur la modulation GMSK.

25 Dans un second mode de réalisation de l'invention appliqué à l'utilisation de détecteurs à décisions (ou sorties) fermes, des étapes de reconstruction des informations souples (« soft bits ») sont introduites et viennent enrichir les étapes mises en œuvre dans le premier mode de réalisation proposé de l'invention.

Le troisième mode de réalisation proposé de l'invention concerne
30 l'utilisation de détecteurs génériques reprogrammables pour lesquels le procédé

n'opère plus sur les « soft bits » (informations souples), mais sur les probabilités a posteriori (APP) des symboles de la constellation principale. Deux architectures génériques adaptées aux algorithmes unidirectionnels pour l'une et aux algorithmes bidirectionnels peuvent être mises en œuvre pour répondre au
5 deuxième mode de réalisation du procédé selon l'invention. Elles sont décrites au paragraphe 7.3 de ce document.

On présente, en relation avec les figures 1.a, 1.b, 2 et 3, trois modes de réalisation de l'invention.

7.1 Description d'un premier mode de réalisation de l'invention, par 10 recombinaison de « soft bits » (ou « décisions souples » en français) d'un détecteur à sortie souple

Dans ce premier mode de réalisation, le procédé selon l'invention s'applique au cas où le récepteur comprend un détecteur à sortie souple ayant pour fonction de démoduler un signal appartenant à une première constellation principale, et qui doit être réutilisé sans aucune modification pour détecter un
15 signal (que nous appellerons signal secondaire dans la suite) appartenant à une sous-constellation de la constellation principale. La constellation principale contient un ensemble prédéterminé de symboles en nombre fini ($N > 0$) et la sous-constellation contient donc un sous-ensemble prédéterminé de symboles en
20 nombre fini ($n \leq N$).

Le procédé selon l'invention est décrit dans ce premier mode de réalisation dans le cas de la démodulation d'un signal secondaire issu d'une modulation dont les symboles appartiennent à une sous-constellation d'une constellation principale. Le procédé décrit peut être cependant aisément généralisé au cas de la
25 détection de plusieurs signaux secondaires appartenant à plusieurs sous constellations de la constellation principale, par réutilisation du détecteur initialement prévu pour démoduler le signal de la constellation principale.

Pour présenter et décrire le procédé selon l'invention dans son premier mode de réalisation, nous utilisons la figure 1.a et considérons ici à l'émission (1)
30 deux constellations de modulation M0 (2) et M1 (3), telles que M1 (3) (sous-

constellation) est incluse dans M0 (2) (constellation principale). On appelle alors m_0 le nombre de bits transmis par symbole de la modulation M0 et on appelle m_1 le nombre de bits transmis par symbole de la modulation M1.

La constellation principale M0 contient alors 2^{m_0} symboles et la sous-constellation
5 M1 contient 2^{m_1} symboles, avec ($m_1 < m_0$).

Pour démoduler le signal issu de la modulation M1, une information dite information de confiance est utilisée. Elle correspond ici à un logarithme du rapport de vraisemblance (LRV) ou une approximation de ce dernier, c'est-à-dire à un logarithme du rapport de probabilité qu'un bit (qui ne peut prendre que deux
10 valeurs : 0 ou 1) d'un symbole émis de M0, possède bien la valeur 0 ou 1 lorsqu'il est reçu. Cette information de confiance est calculée sous la forme d'un logarithme du rapport de vraisemblance (LRV) appelé « soft bit » principal et/ou secondaire, pour chacun des bits des symboles de M0 et/ou de M1.

Dans ce premier mode de réalisation, le procédé selon l'invention se décompose
15 selon les trois grandes étapes suivantes nécessaires à la détermination de l'information de confiance relative à la valeur des bits reçus via le canal de transmission (4) pour les symboles appartenant à la sous-constellation M1 (3) (« soft bits » secondaires), à partir des « soft bits » associés aux symboles de la modulation principale (2) :

- 20 - Etape 1 : on exprime les « soft bits » secondaires en fonction de probabilités a posteriori de symboles de la constellation secondaire M1 (appartenant également à la constellation principale M0), de façon à obtenir une première expression donnant une formulation récursive du LRV de la modulation secondaire M1, en fonction des LRV de la
25 modulation principale M0 ;
- Etape 2 : on simplifie mathématiquement, si nécessaire, l'expression obtenue à l'étape 1, en utilisant une approximation prenant la forme d'une fonction $f(.)$ s'écrivant sous la forme : $f(x)=\log(1+e^x)$;
- Etape 3 : on exprime les probabilités a posteriori des bits détectés (8) de la
30 constellation principale M0 en fonction de probabilités a posteriori de

symboles de la constellation principale M0, en faisant apparaître les « soft bits » de la constellation principale, lesquels sont délivrés à l'étape préliminaire de démodulation (5) du signal principal.

Ces trois étapes sont ici plus amplement détaillées.

5 Etape 1 :

Elle consiste à donner une écriture des logarithmes rapport de vraisemblance (LRV), c'est-à-dire des « soft bit » (information de confiance) pour chacun des bits des symboles appartenant à une sous-constellation M1.

Les LRV des m_0 bits, associés à la modulation principale M0, supposés connus et
10 calculés par le détecteur que l'on souhaite ici réutiliser, sont notés $X_0 \dots X_{m_0-1}$.

De même, les LRV des m_1 bits associés à la modulation secondaire M1 que l'on souhaite exprimer en fonction des bits $X_0 \dots X_{m_0-1}$ calculés par le détecteur et supposés connus, sont notés $Y_0 \dots Y_{m_1-1}$.

On note également E_k l'ensemble des indices des symboles de la sous-
15 constellation M1 dont le bit d'indice k , qui dépend du codage binaire à signal, vaut 0 et on note $C_{M_0}(E_k)$ son complémentaire dans la constellation principale M0.

On note également à titre de convention $P(S_i)$ la probabilité a posteriori d'un
symbole S_i et on définit le LRV du bit d'indice k associé à la modulation
20 secondaire M1 de la façon suivante :

$$Y_k = \log \frac{\sum_{i \in E_k} P(S_i)}{\sum_{i \in C_{M_0}(E_k)} P(S_i)} \quad (1)$$

Il devient alors possible de ré-indicer les symboles de telle sorte que les indices allant de 0 à $\frac{M_1}{2} - 1$ sont associés aux symboles dont le bit d'indice k vaut 0 et les indices allant de $\frac{M_1}{2}$ à $(M_1 - 1)$ sont associés aux symboles dont le bit d'indice

25 k vaut 1. L'expression (1) peut donc se ré-écrire de la façon suivante :

$$Y_k = \log \frac{\sum_{i=0}^{M_1/2-1} P(S_i)}{\sum_{i=M_1/2}^{M_1-1} P(S_i)} \quad (2)$$

Etape 2 :

Elle consiste à simplifier l'écriture de l'équation (2) en y introduisant la fonction $f(x)=\log(1+e^x)$ précitée.

Suite à l'introduction de la fonction $f(\cdot)$, l'expression (2) peut donc s'écrire sous la forme d'une formulation récursive du LRV de la modulation secondaire M1 en fonction des LRV de la modulation principale M0 :

$$Y_k = \log \frac{P(S_0)}{P(S_{M_1/2})} + f\left(\log \frac{P(S_1)}{P(S_0)}\right) + f\left(\log \frac{P(S_2)}{P(S_1)}\right) \dots + f\left(\log \frac{P(S_{M_1/2-1})}{P(S_{M_1/2-2})}\right) \dots - f\left(\log \frac{P(S_{M_1/2+1})}{P(S_{M_1/2})}\right) \dots + f\left(\log \frac{P(S_{M_1/2+2})}{P(S_{M_1/2+1})}\right) \dots + f\left(\log \frac{P(S_{M_1})}{P(S_{M_1-1})}\right) \dots \quad (3)$$

Ainsi, à titre d'exemple illustratif, dans l'hypothèse où le nombre m_1 des bits associés à la modulation secondaire M1, que l'on souhaite exprimer en fonction des bits des symboles de la constellation principale, vaut 3, on obtient une expression de Y_k s'écrivant comme suit :

$$Y_k = \log \frac{P(S_0) + P(S_1) + P(S_2) + P(S_3)}{P(S_4) + P(S_5) + P(S_6) + P(S_7)}$$

laquelle peut encore s'écrire, suite à la simplification obtenue par l'introduction de le fonction $f(\cdot)$:

$$Y_k = \log \frac{P(S_0)}{P(S_4)} + f\left(\log \frac{P(S_1)}{P(S_0)}\right) + f\left(\log \frac{P(S_2)}{P(S_1)}\right) + f\left(\log \frac{P(S_3)}{P(S_2)}\right) - f\left(\log \frac{P(S_5)}{P(S_4)}\right) + f\left(\log \frac{P(S_6)}{P(S_5)}\right) + f\left(\log \frac{P(S_7)}{P(S_6)}\right)$$

Suivant les cas et le degré de simplification souhaité, la fonction $f(\cdot)$ utilisée sera soit tabulée, soit simplifiée. Dans le cas d'une fonction simplifiée, la fonction $f(\cdot)$ pourra prendre la forme, de façon non limitative, soit d'une fonction du type linéaire saturée, soit d'une fonction linéaire par morceaux.

Dans le cas d'une fonction linéaire saturée, la fonction $f(\cdot)$ s'écrit alors sous la forme conditionnelle suivant :

$$\begin{aligned} f(x) &= x, & \text{si } x > 0 \\ f(x) &= 0 & \text{sinon.} \end{aligned}$$

Dans le cas d'une fonction linéaire par morceau, la fonction $f(\cdot)$ correspond à une approximation de forme plus complexe, mais dont l'avantage réside dans le fait qu'elle utilise une droite dont la pente s'implémente par une division par deux, c'est-à-dire un décalage des bits de un vers la droite. Elle s'écrit alors sous la forme suivante :

$$S = \log(2)/2$$

$$f(x) = x \quad \text{si } x > S$$

$$f(x) = \frac{x}{2} + \log(2) \quad \text{si } -S \leq x \leq S$$

$$f(x) = 0 \quad \text{si } x < -S$$

Etape 3 :

Ainsi, les bits des symboles étant transmis de manière indépendante, il devient possible d'écrire les LRV entre symboles présents dans l'expression (3) ci-dessus, en faisant apparaître les valeurs X_i correspondant respectivement aux LRV des m_0 bits, associés à la modulation principale M0, lesquels sont réellement calculés par le détecteur du récepteur, détecteur dont un rôle essentiel consiste habituellement à traiter que les symboles issus d'une seule constellation principale prédéterminée.

Chaque LRV entre symboles présents dans l'expression (3) peut donc s'écrire sous la forme développée suivante :

$$P(S_i) = \prod_{k=0}^{m_0-1} P(b_k(S_i))$$

où $b_k(S_i)$ correspond au bit d'indice k du symbole S_i appartenant à l'ensemble des symboles de la constellation principale M0.

Une telle écriture développée de chacun des « soft bits » (LRV) associés aux symboles de la sous-constellation (symboles secondaires) M1, également contenus dans l'ensemble des symboles de la constellation principale M0, permet de faire apparaître dans l'expression des « soft bits » secondaire (7) les X_i (pour l'indice i allant de 0 à m_0-1) réellement calculés par le détecteur (6) . En effet, chacun des termes en logarithme compris dans l'expression (3) permettant le calcul des Y_k , pour k compris entre 0 et m_1-1 , peut être désormais remplacé de la façon suivante :

$$\log \frac{P(S_{n+1})}{P(S_n)} = \sum_{i=0}^{m_0-1} \alpha_i^n \cdot X_i \quad (4)$$

$$\text{où } \alpha_i^n \in \{-1, 0, 1\}$$

Dans une phase d'implémentation du procédé selon l'invention dans un terminal récepteur qui s'appuierait sur ce premier mode de réalisation décrit, il est

important de souligner qu'une simplification supplémentaire pourra être réalisée simplement par des choix d'écriture judicieux.

En particulier, une sous-étape de minimisation de la distance de Hamming entre symboles de la constellation principale sera introduite pour simplifier la
5 formulation et le calcul de l'expression (4).

En effet, la formule (3) n'est pas unique et son calcul dépend notamment de la manière d'indicer les différents symboles de la constellation principale. Il est alors possible d'ordonner les symboles de telle sorte qu'on minimise le nombre des termes α_i différents de zéro dans la formule (4), ce qui revient donc à
10 minimiser la distance de Hamming entre chaque symbole S_i et les symboles S_{i+1} .

Lorsque les bits transmis par les symboles de la sous-constellation M1 constituent une partie des bits des symboles de la constellation principale M0, au moins un α_i vaut 0 dans l'expression (4).

Pour minimiser encore un peu plus le nombre des $\alpha_i = 0$, il suffit donc d'ordonner
15 les symboles de manière à minimiser la distance de Hamming entre chaque symbole et ces voisins, suivants et précédents.

Prenons l'exemple suivant dans lequel $m_0 = 4$ (avec m_0 le nombre de bits transmis par symbole de la modulation M0) et $m_1 = 3$ (avec m_1 le nombre de bits transmis par symbole de la modulation M1). Les symboles d'indice S_0, S_1, S_2, S_3
20 ont donc au moins un bit en commun, ce qui signifie alors que leur distance de Hamming est inférieure à $m_0 - 1 = 3$. Il y a dans ce cas, quatre symboles, tous codés sur 4 bits, tous possédant un bit fixé commun.

On dispose alors de trois bits de liberté disponibles qui sont alors utilisés dans les calculs pour ordonner de façon plus optimale les symboles.

25 Cette technique de simplification basée sur le calcul de la distance de Hamming entre symboles permet de concevoir des codages binaires à signal, spécifiant d'une part l'émission et minimisant d'autre part la complexité du récepteur ré-utilisant le détecteur de la modulation principale.

Nous présentons maintenant à titre de simples exemples illustratifs et non
30 limitatifs, deux cas de mise en œuvre du premier mode de réalisation du procédé

selon l'invention.

Exemple n°1: Soit l'exemple dans lequel $m_1=1$ (m_1 le nombre de bits transmis par symbole de la modulation M1). M1 est donc une sous-constellation à deux états qui peut donc s'écrire directement sous la forme d'une combinaison de X_i , c'est-à-dire de soft bits (LRV) des symboles de la constellation principale. Il n'est donc pas nécessaire de réaliser l'étape de simplification précitée au moyen de la fonction $f(\cdot)$, dans le cas présent.

Cet exemple correspond à une description des constellations dans le cas de modulations GMSK/8-PSK.

La modulation GMSK de la norme GSM/GPRS/EDGE peut être approximée, en effet, par une modulation BPSK avec une rotation (« offset ») de $\pi/2$ filtrée par le filtre d'émission EDGE. Une fois la rotation supprimée par la dérotation, les symboles émis possibles prennent alors les valeurs $+1/-1$.

Comme illustré sur la figure 2, les deux symboles $+1/-1$ sont également des éléments de l'alphabet (21,22) de la modulation 8-PSK utilisée dans le système EDGE.

Il suffit alors, pour calculer les informations de confiance, sous la forme de logarithmes rapport de vraisemblance (LRV) des symboles GMSK en sortie d'un détecteur 8-PSK, d'écrire les LRV associés aux symboles de la modulation GMSK de la façon suivante :

$$Y_0 = \log \frac{P(+1)}{P(-1)} = \log \frac{P_0(1)P_1(1)P_2(1)}{P_0(0)P_1(0)P_2(1)} = \log\left(\frac{P_0(1)}{P_0(0)}\right) + \log\left(\frac{P_1(1)}{P_1(0)}\right)$$

où :

- $P(+1)$ est la probabilité a posteriori (APP) du symbole $+1$;
- $P(-1)$ est la probabilité a posteriori (APP) du symbole -1 ;
- 25 - $P_i(1)$ est la probabilité a posteriori (APP) que le bit i , $0 \leq i \leq m_0$ soit égale à 1 ;
- $P_i(0)$ est la probabilité a posteriori (APP) que le bit i , $0 \leq i \leq m_0$ soit égale à 0 .

On en déduit alors que : $Y_0 = -(X_0 + X_1)$.

Ceci signifie donc que sans aucune approximation, le « soft bit » de la modulation GMSK s'écrit comme la somme changée de signe des « softs bits » d'indice $(3k)$ et $(3k+1)$ de la modulation 8-PSK.

La méthode de recombinaison des softs bits est donc particulièrement simple lorsqu'elle est appliquée à la modulation GMSK linéarisée. De plus elle ne fait aucune hypothèse sur la manière dont sont calculés les « softs bits » par le détecteur 8-PSK, ce qui la rend générique et indépendante.

Exemple n°2 : cas d'une modulation secondaire du type QPSK transmise sur une constellation principale du type EDGE

Ce nouvel exemple, illustré par la figure 3, présente le cas plus complexe d'une modulation principale du type 8 PSK (31) de EDGE et de modulations secondaires du type QPSK 32 (pour « Quadrature Phase Shift Keying » en anglais ou « verrouillage de décalage de phase en quadrature » en français) et GMSK 33. Les codages binaires à signal respectifs des symboles sont donnés et listés dans le tableau de correspondance mentionné ci-dessous :

Symbole	Code binaire
S_0	(1,1,1)
S_1	(0,1,1)
S_2	(0,1,0)
S_3	(0,0,0)
S_4	(0,0,1)
S_5	(1,0,1)
S_6	(1,0,0)
S_7	(1,1,0)

En utilisant l'expression (3) précitée, on écrit les LRV des $m_1 = 2$ bits associés à la modulation secondaire QPSK 32 Y_0 et Y_1 de la façon suivante :

$$Y_0 = \log \frac{P(S_2) + P(S_4)}{P(S_0) + P(S_6)} = \log \frac{P(S_2)}{P(S_0)} + \log \left(1 + \frac{P(S_4)}{P(S_2)} \right) - \log \left(1 + \frac{P(S_6)}{P(S_0)} \right)$$

et

$$Y_1 = \log \frac{P(S_4) + P(S_6)}{P(S_0) + P(S_2)} = \log \frac{P(S_4)}{P(S_0)} + \log \left(1 + \frac{P(S_6)}{P(S_4)} \right) - \log \left(1 + \frac{P(S_2)}{P(S_0)} \right)$$

Ainsi, on obtient après simplification par la fonction $f(.)$:

$$Y_0 = X_0 + X_2 + f(X_1 - X_2) - f(X_1 + X_2)$$

$$Y_1 = X_0 + X_1 + f(-X_0 + X_2) - f(X_0 + X_2)$$

On applique ensuite l'une ou l'autre des méthodes précitées pour simplifier les expressions de Y_0 et de Y_1 obtenues. La fonction $f(.)$ utilisée peut

- 5 alors prendre la forme soit d'une fonction du type linéaire saturée, soit d'une fonction linéaire par morceaux.

Simplification n°1 : application de la fonction $f(.)$ linéaire saturée

Dans le cas de l'application d'une fonction linéaire saturée, la première étape pour effectuer le calcul du premier soft bit Y_0 associé à la modulation

- 10 secondaire QPSK consiste à calculer les quantités suivantes :

$$S_0 = X_1 - X_2$$

$$S_1 = X_1 + X_2$$

Suivant le résultat des comparaisons de S_0 et S_1 par rapport à 0, le soft bit

- 15 données dans le tableau suivant, lequel exprime la valeur du soft bit Y_0 en fonction des « soft bits » calculé par le détecteur de la modulation principale 8PSK :

	$S_0 \leq 0$	$S_0 > 0$
$S_1 \leq 0$	$Y_0 = X_0 + X_2$	$Y_0 = X_0 + X_1$
$S_1 > 0$	$Y_0 = X_0 - X_1$	$Y_0 = X_0 - X_2$

De même, pour effectuer le calcul du second soft bit Y_1 associé à la modulation secondaire QPSK, on calcule les quantités suivantes :

- 20 $S_2 = X_2 - X_0$

$$S_3 = X_2 + X_0$$

En fonction du résultat des comparaisons de S_2 et de S_3 par rapport à 0, le soft bit secondaire Y_1 de la modulation QPSK s'exprime alors comme l'une des relations données dans le tableau suivant, exprimant la valeur du soft bit Y_1 en fonction des

- 25 « soft bits » calculé par le détecteur de la modulation principale 8PSK :

	$S_2 \leq 0$	$S_2 > 0$
$S_3 \leq 0$	$Y_1 = X_0 + X_1$	$Y_1 = X_1 + X_2$
$S_3 > 0$	$Y_1 = X_1 - X_2$	$Y_1 = X_1 - X_0$

Simplification n°2 : application de l'approximation plus complexe $f(.)$ dite linéaire par morceaux (saturée)

Dans le cas de l'application d'une fonction linéaire par morceaux (saturée), la première étape consiste également à calculer les quatre sommes S_0 , S_1 , S_2 et S_3 .

Il s'agit ensuite de comparer ces quatre sommes aux seuils $+S$ et $-S$ calculés de la façon suivante : $S = \frac{\log(2)}{2}$.

Dans le cas présent, on en déduit alors les valeurs respectives des bits de la modulation secondaire QPSK : Y_0 et Y_1 , ici résumés dans le tableau suivant pour le soft bit Y_0 exprimé en fonction des « soft bits » X_i réellement calculés par le détecteur 8PSK :

	$S_0 < -S$	$-S \leq S_0 \leq S$	$S_0 > S$
$S_1 < -S$	$Y_0 = X_0 + X_2$	$Y_0 = \frac{X_2 + X_1}{2} + X_0 + 2S$	$Y_0 = X_0 + X_1$
$-S \leq S_1 \leq S$	$Y_0 = \frac{X_2 - X_1}{2} + X_0 - 2S$	$Y_0 = X_0$	$Y_0 = \frac{-X_2 + X_1}{2} + X_0 - 2S$
$S_1 > S$	$Y_0 = X_0 - X_1$	$Y_0 = \frac{-X_2 - X_1}{2} + X_0 + 2S$	$Y_0 = X_0 - X_2$

7.2 Description d'un deuxième mode de réalisation de l'invention : cas des détecteurs à sorties fermes

Dans le second mode de réalisation de l'invention, on enrichit le procédé du premier mode de réalisation de deux étapes nouvelles préliminaires aux trois étapes précitées relatives au premier mode de réalisation de l'invention, de façon à lui conférer la capacité d'extraire et d'utiliser des informations souples (« Soft bits ») sur les bits d'une sous-constellation, même si le détecteur utilisé pour la modulation principale ne fournit que des sortie fermes (« hard bits » en anglais).

Ces deux nouvelles étapes, illustrées sur la figure 1.b sont caractéristiques du second mode de réalisation du procédé selon l'invention. Elles concernent respectivement:

- la reconstruction (6) des « soft bits » (ou informations souples) de la modulation principale en utilisant un critère du type Log-Map ou encore, du type Max-Log-Map ;
- la recombinaison des « soft bits » reconstruits de M0 (9) pour obtenir les « soft bits » de la sous-constellation M1 (10).

Nous décrivons ici l'étape de reconstruction des « soft bits » de la modulation principale.

Le détecteur utilisé fournit uniquement des décisions (ou symboles) fermes (« hard bits » en anglais), notées S et constituées d'un nombre m_0 de bits $b_i(S)$,
5 pour $0 \leq i < m_0$. À partir des décisions fermes et du code binaire à signal de la constellation principale supposés connus, il devient alors possible de reconstituer une valeur souple (« soft bit ») X_k pour chacun des m_0 bits $b_i(S)$ du symbole S décidé. Cette reconstruction chaque soft bit X_k de la constellation principale utilise le critère du type Max-Log-Map et consiste alors en les étapes
10 complémentaires suivantes :

- a) recherche du symbole de la constellation principale qui minimise la distance avec le symbole décidé S et disposant à la position k d'un bit caractérisé en ce qu'il est le complémentaire de $b_k(S)$;
- b) calcul de la distance entre le symbole sélectionné à l'étape a) et le symbole
15 décidé S ;
- c) affectation d'un signe positif ou négatif à la distance calculée à l'étape b) en fonction de la valeur de $b_k(S)$.

Il est important de noter que l'implémentation de cette fonction de reconstruction s'effectue très simplement en utilisant une table contenant pour
20 chacun des symboles de la constellation principale m_0 distances, relativement aux 2^{m_0} bits des symboles de cette constellation principale. Cette table est directement adressée par la valeur du symbole S décidé. Elle comprend donc $m_0 * 2^{m_0}$ éléments.

Le critère Log-Map peut également être utilisé dans l'étape préliminaire de
25 reconstruction des « soft bits ». Il s'utilise de la même façon que le critère Max-Log-Map. L'unique différence dans l'utilisation de l'un ou l'autre de ces deux critères repose sur le fait que tous les symboles de la constellation principale, ayant pour bit de position k le complémentaire de $b_k(S)$ du symbole S décidé, interviennent dans le calcul des X_k , c'est-à-dire dans le calcul des « soft bits »
30 reconstruits de la constellation principale. L'implémentation de cette seconde

méthode basée sur le critère Log-Map utilise alors également une table comprenant $m_0 * 2^{m_0}$ éléments, laquelle est adressée de la même façon que dans le cadre de l'utilisation du critère Max-Log-Map.

Concernant maintenant la seconde étape préliminaire caractéristique de ce
5 second mode de réalisation du procédé selon l'invention, celle-ci a pour objectif de permettre la recombinaison des « soft bits » de la constellation principale, en vue de déterminer les « soft bits » Y_k d'une sous-modulation.

Cette étape de recombinaison s'appuie notamment sur les étapes 1 à 3 successives
suivantes, identiques à celles précédemment décrites dans le paragraphe relatif au
10 premier mode de réalisation du procédé selon l'invention :

- Etape 1 : on exprime les « soft bits » secondaires en fonction de probabilités a posteriori de symboles de la constellation secondaire M1 (appartenant également à la constellation principale M0), de façon à obtenir une première expression donnant une formulation récursive du
15 LRV de la modulation secondaire M1, en fonction des LRV de la modulation principale M0 ;
- Etape 2 : on simplifie mathématiquement, si nécessaire, l'expression obtenue à l'étape 1, en utilisant une approximation prenant la forme d'une fonction $f(.)$ s'écrivant sous la forme : $f(x)=\log(1+e^x)$;
- 20 - Etape 3 : on exprime les probabilités a posteriori des bits de la constellation principale M0 en fonction de probabilités a posteriori de symboles de la constellation principale M0, en faisant apparaître les « soft bits » de la constellation principale, lesquels sont issus de la reconstruction des « soft bits » (ou informations souples) de la modulation principale en
25 utilisant un critère du type Log-Map ou encore, du type Max-Log-Map, à partir des sorties fermes du détecteur utilisé.

De plus, du simple fait que les valeurs obtenues pour les bits des symboles de la constellation principale X_k sont déterministes, il est également possible de tabuler les opérations de recombinaison, ce qui permet d'optimiser la méthode.

7.3 Description d'un troisième mode de réalisation de l'invention : cas des détecteurs génériques re configurables

Dans les deux premiers mode de réalisation du procédé selon l'invention, décrits ci-dessus, la technique proposée repose sur deux étapes principales. La première consiste en l'utilisation des informations souples (« softs bits ») issues du détecteur de la modulation principale - soit directement, dans le cas d'un détecteur à sorties souples, soit par reconstruction préalable, dans le cas d'un détecteur à sorties fermes. La seconde consiste à calculer ensuite, à partir des résultats de la première étape, les « softs bits » associés aux symboles d'une sous-constellation incluse dans la modulation principale.

Dans ce troisième mode de réalisation de l'invention, le procédé n'utilise plus comme information de confiance les informations souples ou « soft bits » issus du détecteur, mais les probabilités a posteriori (APP) des symboles de la constellation principale.

Dans le cas de l'utilisation d'un détecteur générique re-configurable, on obtient aisément dans un premier temps et pour chaque symbole de la constellation principale à détecter, un tableau de m_0 probabilités a posteriori (APP), calculé par au moyen de l'un des algorithmes suivants :

- Log-Map;
- Max-Log-Map;
- SOVA (pour « Soft-Output Viterbi Algorithm » en anglais ou « Algorithme de Viterbi à sortie souple » en français – basé sur le critère de maximum de vraisemblance pour la détection d'une séquence la plus probable) ;
- DDFSE (pour « Delayed Decision Feedback Sequence Estimation » en anglais, ou « Estimation de séquence de décision a posteriori retardé e » en français) ;
- RSSE (pour « reduced-state sequence estimation » en anglais ou « estimation de séquence à états réduits » en français);
- M-algorithme ;

- T-algorithme.

On calcule ensuite les « soft bits » ou informations souples des symboles de la sous-constellation d'ordre m_1 suivant que l'algorithme de détection est bidirectionnel ou unidirectionnel.

- 5 Pour les algorithmes de détection bidirectionnels, le calcul des informations de confiance, sous la forme de Logarithmes Rapport de Vraisemblance (LRV) de la sous-constellation consiste alors, en fonction du codage binaire à signal de cette dernière, en les étapes suivantes :

- sélectionner un sous-ensemble contenant m_1 probabilités a posteriori parmi
10 les m_0 disponibles ;
- définir les k sous-ensembles E_k des indices des symboles de la sous-constellation (dont le bit d'indice k , qui dépend du codage binaire à signal, vaut 0) et $C_{M_1}(E_k)$ (complémentaire des E_k dans la constellation secondaire) ;
- 15 - appliquer la relation ci-dessous pour obtenir les m_1 « soft bits » Y_k se présentant sous la forme d'un LRV :

$$Y_k = \log \frac{\sum_{i \in E_k} P(S_i)}{\sum_{i \in C_{M_1}(E_k)} P(S_i)} \quad (5)$$

- On peut noter à titre indicatif que cette relation (5) se calcule indifféremment, soit en utilisant un critère du type Log-Map, soit en utilisant un
20 critère du type Max-Log-Map.

- Pour les algorithmes de détection unidirectionnels, le signe des « soft bits » de la modulation principale est obtenu par une opération de « trace backing » en anglais ou opération de « prise de décision retardée » en français. Une telle opération permet d'obtenir les informations maximisant le rapport de
25 vraisemblance de la séquence reçue.

Ainsi pour calculer les « soft bits » de la sous-constellation, on calcule les « soft bits » de la sous-constellation en fonction du codage binaire à signal de cette dernière, par les étapes suivantes :

- sélection d'un sous-ensemble contenant m_1 probabilités a posteriori parmi les m_0 disponibles ;
- définition des k sous-ensembles E_k (indices des symboles de la sous-constellation dont le bit d'indice k vaut 0) et $C_{M_1}(E_k)$ (complémentaire des E_k dans la constellation principale) ;
- application de la relation ci-dessous pour obtenir les m_1 « soft bits » Y_k sous la forme d'un LRV :

$$Y_k = \log \frac{\sum_{i \in E_k} P(S_i)}{\sum_{i \in C_{M_1}(E_k)} P(S_i)}$$

On détermine ensuite le signe des Y_k en utilisant l'étape du second mode de réalisation précédemment pour reconstruire les « soft bits » de la modulation principale à partir des décisions fermes délivrées par le détecteur utilisé.

7.4 Résumé concernant les trois modes de réalisation décrits

Trois modes de réalisation du procédé selon l'invention permettant de démoduler des signaux inclus dans une modulation principale, à partir du détecteur de la modulation principale sont proposés.

Les deux premiers modes de réalisation combinent les « softs bits », c'est-à-dire des informations de confiance (dites souples) générées par le détecteur principal et ne nécessite aucune modification de la partie matérielle (« hardware » en anglais) du terminal récepteur et/ou du détecteur utilisés.

Le troisième mode de réalisation permet d'aboutir à une architecture matérielle générique permettant de calculer les « softs bits » de toutes les modulations secondaires d'une modulation principale.

Par exemple, la méthode de recombinaison des « softs bits » devient particulièrement simple dans le cas d'un récepteur du type GSM/GPRS/EDGE puisqu'elle se résume alors à sommer deux « soft bits » du détecteur 8-PSK sur trois, puis à changer le signe du résultat, afin d'obtenir le « soft bit » associé à la modulation GMSK. D'un point de vue pratique, la technique proposée par l'invention permet ici d'utiliser avantageusement, et sans coût supplémentaire de

développement, les algorithmes de réception conçus pour EDGE en les appliquant à la démodulation de signaux GMSK.

REVENDICATIONS

1. Procédé de réception d'un signal modulé selon une constellation principale, appelé signal principal, et d'au moins un signal modulé selon une constellation secondaire, appelé signal secondaire, ladite constellation secondaire étant incluse dans ladite constellation principale,
- 5 ledit procédé comprenant une étape de démodulation dudit signal principal délivrant, pour chacun des éléments de ladite constellation principale, une information de confiance relative à la réception dudit élément, dite information de confiance principale,
- 10 caractérisé en ce qu'il comprend une étape de détermination, pour au moins un élément de ladite constellation secondaire, d'au moins une information de confiance relative à la réception dudit élément, dite information de confiance secondaire, à partir d'au moins une desdites informations de confiance principales,
- 15 de façon à démoduler ledit signal secondaire.
2. Procédé de réception selon la revendication 1, caractérisé en ce que ledit élément est un des bits transmis par un symbole de ladite constellation principale et/ou secondaire.
3. Procédé de réception selon la revendication 2, caractérisé en ce que ladite
- 20 information de confiance principale est une décision ferme de réception dudit bit au sein dudit signal principal.
4. Procédé de réception selon la revendication 3, caractérisé en ce qu'il comprend, pour au moins certains desdits bits dudit signal principal, une étape préalable de détermination, à partir de ladite décision ferme associée, du
- 25 logarithme du rapport de vraisemblance (LRV) dudit bit, appelé « soft bit ».
5. Procédé de réception selon la revendication 4, caractérisé en ce que ladite étape préalable de détermination met en œuvre un critère appartenant au groupe comprenant :
- le critère Log-Map ;
 - 30 - le critère Max-Log-Map ;

- SOVA (pour « Soft-Output Viterbi Algorithm » en anglais ou « Algorithme de Viterbi à sortie souple » en français – basé sur le critère de maximum de vraisemblance pour la détection d’une séquence la plus probable) ;
- 5 et/ou une approximation de l’un de ces critères.
6. Procédé de réception selon la revendication 2, caractérisé en ce que ladite information de confiance principale et/ou secondaire associée à un bit est un logarithme du rapport de vraisemblance (LRV) dudit bit, appelé « soft bit » principal et/ou secondaire.
- 10 7. Procédé de réception selon la revendication 6, caractérisé en ce que ladite étape de détermination de ladite information de confiance secondaire comprend les sous-étapes suivantes:
- on exprime lesdits « soft bits » secondaires en fonction de probabilités a posteriori de symboles de ladite constellation secondaire, lesdits symboles
- 15 de ladite constellation secondaire appartenant également à ladite constellation principale, de façon à obtenir une première expression ;
- on exprime les probabilités a posteriori de bits de ladite constellation principale en fonction de probabilités a posteriori de symboles de ladite constellation principale, en faisant apparaître les « soft bits » de ladite
- 20 constellation principale, délivrés lors de ladite étape de démodulation dudit signal principal, de façon à obtenir une deuxième expression.
8. Procédé de réception selon la revendication 7, caractérisé en ce qu’il comprend également une sous-étape de simplification mathématique de ladite première expression, mettant en œuvre une approximation linéaire saturée ou une
- 25 approximation linéaire par morceaux.
9. Procédé de réception selon l’une quelconque des revendications 7 et 8, caractérisé en ce qu’il comprend également une sous-étape de classement des symboles de ladite constellation principale, de manière à minimiser le nombre de « soft bits » (pour décision souple en français) de ladite constellation principale
- 30 utilisés lors du calcul des « soft bits » de ladite constellation secondaire.

10. Procédé de réception selon la revendication 1, caractérisé en ce que ledit élément est un symbole de ladite constellation principale et/ou secondaire.

11. Procédé de réception selon la revendication 10, caractérisé en ce que ladite information de confiance principale et/ou secondaire associée à un symbole est
5 une probabilité a posteriori d'un symbole de ladite constellation principale et/ou secondaire.

12. Procédé de réception selon la revendication 11, caractérisé en ce que, lors de ladite étape de démodulation dudit signal principal, lesdites informations de confiance principales sont calculées en mettant en œuvre l'un des algorithmes de
10 détection appartenant au groupe comprenant :

- le Max-Log-Map ;
- le Log-Map ;
- SOVA (pour « Soft-Output Viterbi Algorithm » en anglais ou « Algorithme de Viterbi à sortie souple » en français – basé sur le critère
15 de maximum de vraisemblance pour la détection d'une séquence la plus probable) ;
- DDFSE (pour « Delayed Decision Feedback Sequence Estimation » en anglais, ou « Estimation retardée d'une séquence à l'aide d'un retour de décisions » en français) ;
- 20 - RSSE (pour « reduced-state sequence estimation » en anglais ou « estimation de séquence à états réduits » en français);
- M-algorithme ;
- T-algorithme.

13. Procédé de réception selon la revendication 12, caractérisé en ce que ledit
25 algorithme de détection étant bidirectionnel, lesdites informations de confiance secondaires associées aux symboles de ladite constellation secondaire sont les « soft bits » secondaires correspondant aux logarithmes du rapport de vraisemblance (LRV) desdits bits desdits symboles, et déterminés par les sous-étapes suivantes :

- 30 - sélection d'un sous-ensemble de probabilités a posteriori des symboles de

ladite constellation secondaire parmi l'ensemble de probabilités a posteriori des symboles de ladite constellation principale disponibles ;

- détermination desdits « soft bits » secondaires en fonction dudit sous-ensemble de probabilités a posteriori de symboles de ladite constellation secondaire, lesdits symboles de ladite constellation secondaire appartenant également à ladite constellation principale.

14. Procédé de réception selon la revendication 13, caractérisé en ce que ladite sous-étape de détermination met en œuvre un critère appartenant au groupe comprenant :

- le critère Log-Map ;
- le critère Max-Log-Map ;
- SOVA (pour « Soft-Output Viterbi Algorithm » en anglais ou « Algorithme de Viterbi à sortie souple » en français – basé sur le critère de maximum de vraisemblance pour la détection d'une séquence la plus probable) ;

et/ou une approximation de l'un de ces critères.

15. Procédé de réception selon la revendication 12, caractérisé en ce que ledit algorithme de détection étant unidirectionnel, lesdites informations de confiance secondaires associées aux symboles de ladite constellation secondaire sont les « soft bits » secondaires correspondant aux logarithmes du rapport de vraisemblance (LRV) desdits bits desdits symboles, et déterminés par les sous-étapes suivantes :

- sélection d'un sous-ensemble de probabilités a posteriori des symboles de ladite constellation secondaire parmi l'ensemble de probabilités a posteriori des symboles de ladite constellation principale disponibles ;
- détermination desdits « soft bits » secondaires en fonction dudit sous-ensemble de probabilités a posteriori de symboles de ladite constellation secondaire, lesdits symboles de ladite constellation secondaire appartenant également à ladite constellation principale ;
- détermination du signe des « soft bits » secondaires en fonction de la

valeur des bits des symboles de ladite constellation principale.

16. Procédé de réception selon l'une quelconque des revendications 1 à 15, caractérisé en ce que lesdites constellations principales et/ou secondaires appartiennent au groupe comprenant :

- 5 - les modulations M-QAM, où $M=2^m$;
- les modulations N-PSK, où $N=2^n$;
- la modulation GMSK ou MSK linéarisée.

17. Récepteur d'un signal modulé selon une constellation principale, appelé signal principal, et d'au moins un signal modulé selon une constellation
10 secondaire, appelé signal secondaire, ladite constellation secondaire étant incluse dans ladite constellation principale,

ledit récepteur comprenant des moyens de démodulation dudit signal principal délivrant, pour chacun des éléments de ladite constellation principale, une information de confiance relative à la réception dudit élément, dite information de
15 confiance principale,

caractérisé en ce qu'il comprend des moyens de détermination, pour au moins un élément de ladite constellation secondaire, d'au moins une information de confiance relative à la réception dudit élément, dite information de confiance
20 secondaires, à partir d'au moins une desdites informations de confiance principales,

de façon à démoduler ledit signal secondaire.

18. Récepteur selon la 17, caractérisé en ce qu'il s'agit d'un récepteur du type appartenant au groupe comprenant :

- les récepteurs GSM ;
- 25 - les récepteurs GPRS ;
- les récepteurs EDGE.

19. Récepteur selon l'une quelconque des revendications 17 et 18, caractérisé en ce que ledit élément est un des bits transmis par un symbole de ladite constellation principale et/ou secondaire.

30 **20.** Récepteur selon la revendication 19, caractérisé en ce que ladite

- information de confiance principale est une décision ferme de réception dudit bit au sein dudit signal principal, et en ce qu'il comprend des moyens de détermination préalable du logarithme du rapport de vraisemblance (LRV) dudit bit, appelé « soft bit », pour au moins certains desdits bits dudit signal principal, à partir de ladite décision ferme associée.
- 5 21. Récepteur selon la revendication 20, caractérisé en ce que lesdits moyens de détermination préalable du logarithme du rapport de vraisemblance mettent en œuvre un critère appartenant au groupe comprenant :
- le critère Log-Map ;
 - 10 - le critère Max-Log-Map ;
 - SOVA (pour « Soft-Output Viterbi Algorithm » en anglais ou « Algorithme de Viterbi à sortie souple » en français – basé sur le critère de maximum de vraisemblance pour la détection d'une séquence la plus probable) ;
- 15 et/ou une approximation de l'un de ces critères.
22. Récepteur selon l'une quelconque des revendications 17 et 18, caractérisé en ce que l'information de confiance principale et/ou secondaire associée à un bit est un logarithme du rapport de vraisemblance (LRV) dudit bit, appelé « soft bit » principal et/ou secondaire et en ce que lesdits moyens de détermination de ladite
- 20 information de confiance secondaire comprennent des moyens complémentaires :
- d'expression desdits « soft bits » secondaires en fonction de probabilités a posteriori de symboles de ladite constellation secondaire, lesdits symboles de ladite constellation secondaire appartenant également à ladite constellation principale, de façon à obtenir une première expression ;
 - 25 - d'expression des probabilités a posteriori de bits de ladite constellation principale en fonction de probabilités a posteriori de symboles de ladite constellation principale, en faisant apparaître les « soft bits » de ladite constellation principale, délivrés lors de ladite étape de démodulation dudit signal principal, de façon à obtenir une deuxième expression.
- 30 23. Récepteur selon la revendication 17, caractérisé en ce que ledit élément est

un symbole de ladite constellation principale et/ou secondaire.

- 24.** Récepteur selon la revendication 23, caractérisé en ce que ladite information de confiance principale et/ou secondaire associée à un symbole est une probabilité a posteriori d'un symbole de ladite constellation principale et/ou
- 5 secondaire, et en ce que lesdits moyens de démodulation dudit signal principal mettent en œuvre l'un des algorithmes de détection suivants appartenant au groupe comprenant pour calculer lesdites informations de confiance principales :
- le Max-Log-Map ;
 - le Log-Map ;
 - 10 - SOVA (pour « Soft-Output Viterbi Algorithm » en anglais ou « Algorithme de Viterbi à sortie souple » en français – basé sur le critère de maximum de vraisemblance pour la détection d'une séquence la plus probable) ;
 - DDFSE (pour « Delayed Decision Feedback Sequence Estimation » en
 - 15 anglais, ou « Estimation retardée d'une séquence à l'aide d'un retour de décisions » en français) ;
 - RSSE (pour « reduced-state sequence estimation » en anglais ou « estimation de séquence à états réduits » en français);
 - un M-algorithme ;
 - 20 - un T-algorithme.
- 25.** Récepteur selon l'une quelconque des revendications 17 à 24, caractérisé en ce que lesdites constellations principales et/ou secondaires appartiennent au groupe comprenant :
- les modulations M-QAM, où $M=2^m$;
 - 25 - les modulations N-PSK, où $N=2^n$;
 - la modulation GMSK ou MSK linéarisée.

1/2

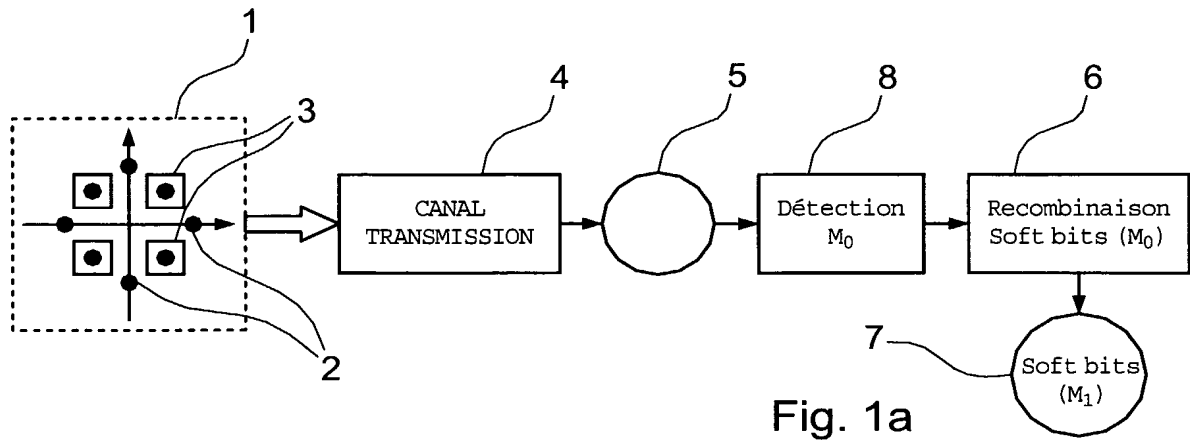


Fig. 1a

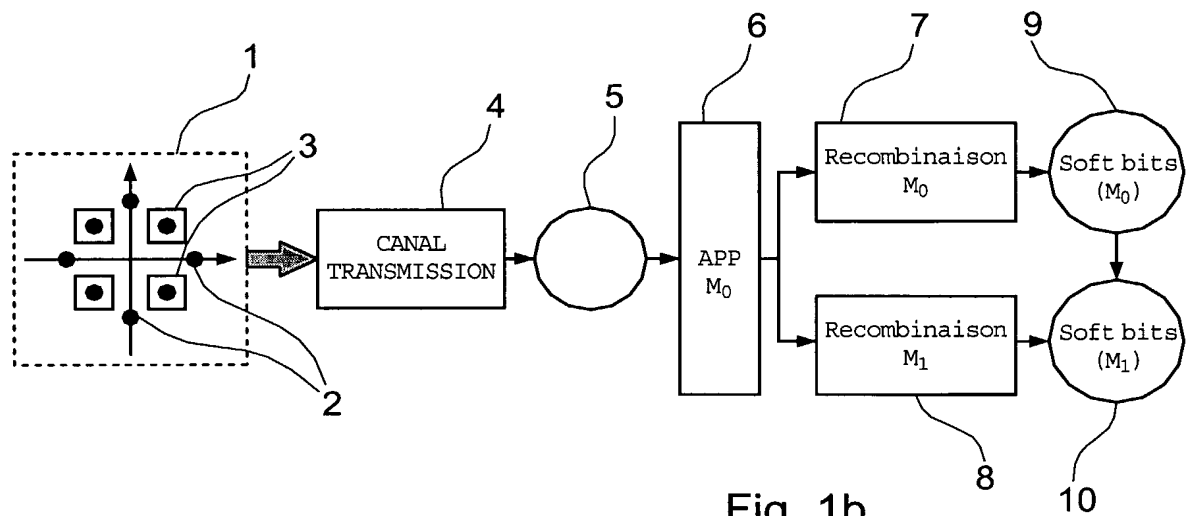


Fig. 1b

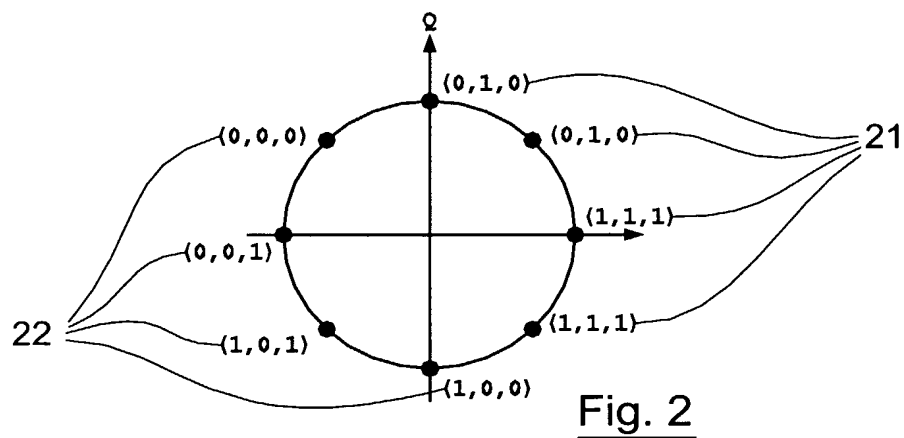
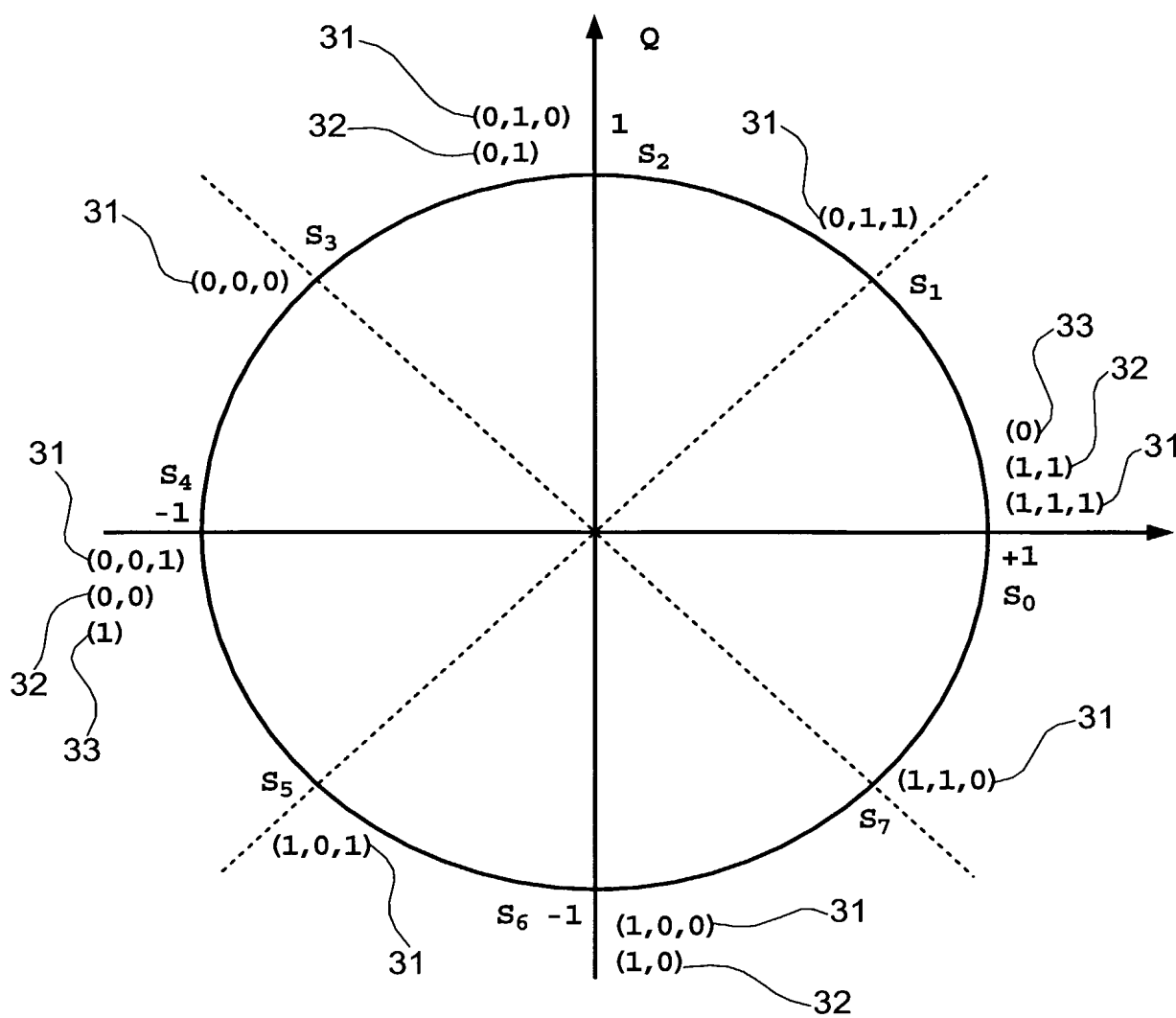


Fig. 2

2/2

Fig. 3

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/FR2004/003378

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 7 H04L27/34 H04L25/06

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
IPC 7 H04L

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category °	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 2002/131515 A1 (RODRIGUEZ MICHAEL J) 19 September 2002 (2002-09-19) abstract; figures 2-4 paragraph '0054!	1-25
A	EP 0 594 505 A (TELEDIFFUSION FSE ; FRANCE TELECOM (FR)) 27 April 1994 (1994-04-27) abstract column 7, line 52 - column 9, line 27; figure 3c	1-25
A	WO 99/56442 A (ERICSSON INC) 4 November 1999 (1999-11-04) page 10, lines 3-14; figure 3 page 17, lines 12,13	1-25

-/--

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

° Special categories of cited documents :

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- *T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- *&* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

28 April 2005

Date of mailing of the international search report

06/06/2005

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Horbach, C

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/FR2004/003378

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	FR 2 836 764 A (WAVECOM SA) 5 September 2003 (2003-09-05) abstract -----	1-25
A	US 6 078 626 A (RAMESH RAJARAM) 20 June 2000 (2000-06-20) abstract column 7, lines 11-36 column 8, line 58 - column 9, line 16 -----	1-25
A	US 4 493 082 A (FOSTER ALUN E ET AL) 8 January 1985 (1985-01-08) abstract column 2, lines 29-41; figure 2 column 3, lines 39-54 column 4, lines 14-52; figures 5,9,11a,11b -----	1-25

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/FR2004/003378

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2002131515	A1	19-09-2002	NONE	
EP 0594505	A	27-04-1994	FR 2697395 A1	29-04-1994
			DE 69318370 D1	10-06-1998
			DE 69318370 T2	03-09-1998
			EP 0594505 A1	27-04-1994
WO 9956442	A	04-11-1999	US 6185259 B1	06-02-2001
			AU 755079 B2	05-12-2002
			AU 3637399 A	16-11-1999
			BR 9910013 A	09-01-2001
			CN 1309858 A	22-08-2001
			EE 200000622 A	15-02-2002
			EP 1333634 A1	06-08-2003
			EP 1075752 A2	14-02-2001
			JP 2002513247 T	08-05-2002
			WO 9956442 A2	04-11-1999
			US 2001001008 A1	10-05-2001
FR 2836764	A	05-09-2003	FR 2836764 A1	05-09-2003
			AU 2003227805 A1	16-09-2003
			EP 1481480 A2	01-12-2004
			WO 03075468 A2	12-09-2003
US 6078626	A	20-06-2000	NONE	
US 4493082	A	08-01-1985	AT 14961 T	15-08-1985
			AU 545194 B2	04-07-1985
			AU 7711781 A	20-05-1982
			CA 1225743 A1	18-08-1987
			DE 3171834 D1	19-09-1985
			DK 503781 A	15-05-1982
			EP 0052463 A1	26-05-1982
			ES 8302939 A1	16-04-1983
			GB 2088676 A ,B	09-06-1982
			IE 52428 B1	28-10-1987
			JP 57150249 A	17-09-1982
			NO 813727 A ,B,	18-05-1982
			NZ 198844 A	31-05-1984
			ZA 8107711 A	27-10-1982

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Requête internationale No
PCT/FR2004/003378

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE
CIB 7 H04L27/34 H04L25/06

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)
CIB 7 H04L

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si réalisable, termes de recherche utilisés)
EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie °	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	US 2002/131515 A1 (RODRIGUEZ MICHAEL J) 19 septembre 2002 (2002-09-19) abrégé; figures 2-4 alinéa '0054!	1-25
A	EP 0 594 505 A (TELEDIFFUSION FSE ; FRANCE TELECOM (FR)) 27 avril 1994 (1994-04-27) abrégé colonne 7, ligne 52 - colonne 9, ligne 27; figure 3c	1-25
A	WO 99/56442 A (ERICSSON INC) 4 novembre 1999 (1999-11-04) page 10, ligne 3-14; figure 3 page 17, ligne 12,13	1-25
	----- -/--	

☒ Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents

☒ Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

° Catégories spéciales de documents cités:

- *A* document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent
- *E* document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date
- *L* document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)
- *O* document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens
- *P* document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

- *T* document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention
- *X* document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément
- *Y* document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier
- *&* document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée

28 avril 2005

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

06/06/2005

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale
Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Fonctionnaire autorisé

Horbach, C

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Requête internationale No
PCT/FR2004/003378

C.(suite) DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	FR 2 836 764 A (WAVECOM SA) 5 septembre 2003 (2003-09-05) abrégé -----	1-25
A	US 6 078 626 A (RAMESH RAJARAM) 20 juin 2000 (2000-06-20) abrégé colonne 7, ligne 11-36 colonne 8, ligne 58 - colonne 9, ligne 16 -----	1-25
A	US 4 493 082 A (FOSTER ALUN E ET AL) 8 janvier 1985 (1985-01-08) abrégé colonne 2, ligne 29-41; figure 2 colonne 3, ligne 39-54 colonne 4, ligne 14-52; figures 5,9,11a,11b -----	1-25

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements re aux membres de familles de brevets

mande Internationale No

PCT/FR2004/003378

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 2002131515	A1	19-09-2002	AUCUN	
EP 0594505	A	27-04-1994	FR 2697395 A1 DE 69318370 D1 DE 69318370 T2 EP 0594505 A1	29-04-1994 10-06-1998 03-09-1998 27-04-1994
WO 9956442	A	04-11-1999	US 6185259 B1 AU 755079 B2 AU 3637399 A BR 9910013 A CN 1309858 A EE 200000622 A EP 1333634 A1 EP 1075752 A2 JP 2002513247 T WO 9956442 A2 US 2001001008 A1	06-02-2001 05-12-2002 16-11-1999 09-01-2001 22-08-2001 15-02-2002 06-08-2003 14-02-2001 08-05-2002 04-11-1999 10-05-2001
FR 2836764	A	05-09-2003	FR 2836764 A1 AU 2003227805 A1 EP 1481480 A2 WO 03075468 A2	05-09-2003 16-09-2003 01-12-2004 12-09-2003
US 6078626	A	20-06-2000	AUCUN	
US 4493082	A	08-01-1985	AT 14961 T AU 545194 B2 AU 7711781 A CA 1225743 A1 DE 3171834 D1 DK 503781 A EP 0052463 A1 ES 8302939 A1 GB 2088676 A ,B IE 52428 B1 JP 57150249 A NO 813727 A ,B, NZ 198844 A ZA 8107711 A	15-08-1985 04-07-1985 20-05-1982 18-08-1987 19-09-1985 15-05-1982 26-05-1982 16-04-1983 09-06-1982 28-10-1987 17-09-1982 18-05-1982 31-05-1984 27-10-1982